

## Review Studi Difraksi Fresnel Menggunakan Celah Bentuk Lingkaran

Arinar Rosyidah, Indras Marhaendrajaya, K.Sofjan Firdausi

Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro Semarang

### ABSTRACT

*The Fresnel Diffraction has been reviewed to measure the wavelength of monochromatic light sources. The change of circle fringe's number is obtained by the change of the distance between source and slits, and the change of fringe's radius. We used here the diode green pointer laser and red pointer laser as light sources with 1 mW in power. From the measurement, we obtained that the wavelength of green laser and red pointer laser are still in the range of literature values.*

*Key words: Fresnel diffraction, Fresnel zone.*

### INTISARI

*Telah dilakukan studi difraksi Fresnel untuk menentukan panjang gelombang sumber cahaya monokromatis menggunakan celah bentuk lingkaran. Variabel yang diukur berupa perubahan jumlah cincin (m) yang terbentuk sebagai akibat perubahan jarak sumber ke celah dan jari - jari pada celah lingkaran. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser pointer hijau dan laser dioda merah dengan daya keluaran 1 mW. Celah lingkaran yang digunakan berdiameter 3 mm, 2 mm dan 1 mm. Dari hasil pengukuran diperoleh, untuk laser pointer hijau panjang gelombangnya adalah  $(517,2 \pm 0,9)$  nm dan pada laser dioda merah panjang gelombangnya adalah  $(645,3 \pm 0,8)$  nm, dan masih dalam batas kesalahan eksperimen.*

*Kata kunci : Difraksi Fresnel, Zona Fresnel.*

### PENDAHULUAN

Spektroskopi menempati tempat utama dalam baris depan perkembangan fisika abad ke-19 dan permulaan abad ke-20. Salah satu dari sejumlah bagian penting fisika yang berasal dari spektroskopi adalah optika. Berbagai alat spektrometer berteknologi tinggi semakin banyak diciptakan, sehingga pengukurannya lebih cepat dan teliti. Banyak persoalan rumit bisa diselesaikan dengan mengetahui spektrum gelombang dari cahaya tersebut, seperti pengujian untuk mengetahui karakteristik suatu bahan.

Pengukuran spektrum cahaya tampak dapat dilakukan dengan metode yang lebih sederhana dibandingkan dengan spektrometer terkini. Salah satu penelitian yang telah dilakukan oleh Suprayitno [1] adalah pengukuran panjang gelombang laser He-Ne, sebagai cahaya tampak, dengan perangkat Interferometer

Michelson dan diperoleh hasil  $\lambda = (625,7 \pm 8,2)$  nm.

Beberapa percobaan difraksi dapat pula digunakan sebagai alternatif dari perangkat spektrometer canggih. Contoh sederhana adalah difraksi yang menggunakan cahaya tampak untuk secara langsung mempelajari gejala difraksi (termasuk interferensi). Fenomena difraksi baik secara langsung maupun tidak langsung sering dilihat di alam ini dan telah dipelajari sejak pendidikan menengah, namun demikian gejala tersebut diperoleh masih sebatas teori. Karena analisis pola difraksi Fraunhofer pada laser dioda merah sudah pernah dilakukan oleh Sutini [2], dengan hasil  $\lambda = (657,3 \pm 0,3)$  nm. Maka sebagai alternatif lain, perlu dilakukan pengukuran dengan metode difraksi Fresnel.

### Fresnel Number

Untuk gelombang elektromagnetik yang melewati sebuah penghalang dan

ditampilkan pada layar, *Fresnel Number*  $F$  didefinisikan sebagai [3],

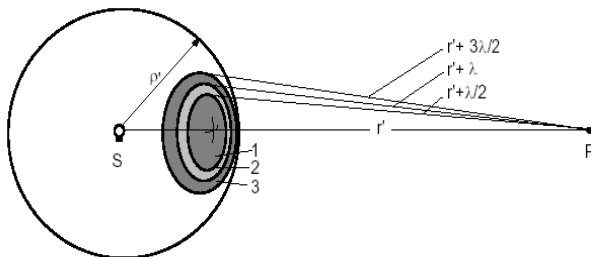
$$F = \frac{a^2}{L\lambda} \quad (1).$$

dengan  $\lambda$  merupakan panjang gelombang,  $a$  adalah ukuran yang memiliki karakteristik (misalnya: jari-jari) dari sebuah penghalang dan  $L$  merupakan jarak dari sumber menuju layar. Berdasarkan nilai  $F$  teori difraksi dapat disederhanakan menjadi dua macam, yaitu untuk difraksi Fraunhofer  $F \ll 1$  dan untuk difraksi Fresnel  $F \gg 1$ .

Dan  $L = \frac{\rho' \cdot r'}{(\rho' + r')}$ , dengan  $\rho'$  adalah jarak sumber ke celah dan  $r'$  merupakan jarak dari celah ke layar.

### Difraksi Fresnel Celah Lingkaran

Muka gelombang primer dibangkitkan dari sumber titik,  $S$ , telah berjalan dengan jarak  $\rho'$ . Menurut prinsip Huygens-Fresnel, muka gelombang sferis yang diemisikan telah dikoreksi dengan faktor kemiringan.



Gambar 1. Muka Gelombang Primer Dibangkitkan Dari Titik Sumber  $S$  [3].

Menurut prinsip Huygens-Fresnel, seharusnya dimungkinkan untuk menjumlahkan kontribusi dari tiap-tiap sumber gelombang sekunder pada titik  $P$ , dengan jarak  $\rho' + r'$  dari  $S$ . Hal ini ditunjukkan pada persamaan (2) bahwa fungsi gelombang pada titik  $P$  seharusnya

$$E = \frac{\epsilon_0}{\rho' + r'} \cos(\omega t - k(\rho' + r')) \quad (2).$$

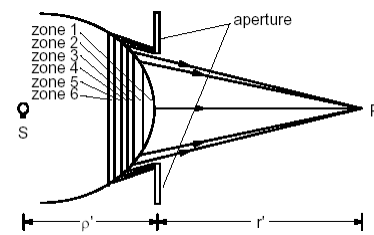
Seperti digambarkan pada gambar 1, bahwa muka gelombang sferis dapat dibagi menjadi daerah-daerah yang *annular*, yang disebut zona Fresnel atau zona setengah periode, yang berpusat pada sumbu yang ditandai dengan  $S$  ke  $P$ . Pada tiap-tiap daerah di atas batasan (batasan terjauh dari

sumbu  $S$ - $P$ ) lebih panjang setengah panjang gelombang dari panjang lintasan dari titik manapun pada batasan lebih bawah (batasan terdekat dengan sumbu  $S$ -

$P$ ). Sebagai contoh, pada zona kedua panjang lintasan dari batas atas dan batas bawah pada titik  $P$  adalah  $r' + \lambda/2$  dan  $r' + \lambda$ . Hal ini menunjukkan bahwa pada titik manapun pada zona tersebut terdapat titik-titik yang bersesuaian dalam zona yang berdekatan yaitu lebih jauh dari  $P$  dengan beda  $\lambda/2$ .

Dimisalkan zona Fresnel ke- $y$  pada gambar 2. memiliki batas-batas panjang lintasan atas dan bawah terhadap titik  $P$ , yaitu  $r' + y \frac{\lambda}{2}$  dan  $r' + (y-1) \frac{\lambda}{2}$ . Dianggap  $dA$  merupakan luasan sebuah cincin yang sangat kecil pada zona ke- $y$ , sehingga:

$$dA = \rho' d\phi 2\pi(\rho' \sin \phi) \quad (3).$$



Gambar 2. zona – zona yang melalui celah sempit [4].

Dengan rumus kosinus berdasarkan geometri gambar 3, diperoleh nilai  $\sin \phi d\phi$  setelah didiferensialkan terhadap  $r$ , kemudian disubstitusikan ke persamaan (3) sehingga diperoleh nilai  $A$ , yaitu:

$$A = \frac{\rho'}{(\rho' + r')} \pi r' \lambda \quad (4).$$

Sekarang dianggap suatu celah lingkaran dengan radius  $R$ , diselipkan tegak lurus terhadap  $SP$  di  $O$  (gambar 2) dan akan diperoleh jumlah zona Fresnel pada layar yang dinotasikan dengan  $m$ , adalah:

$$m = \frac{\pi R^2}{A} \quad (5).$$

Dari substitusi persamaan (5) ke (4) diperoleh nilai panjang gelombang, yaitu:

$$\lambda = \frac{(\rho' + r') R^2}{\rho' \cdot r' \cdot m} \quad (6),$$

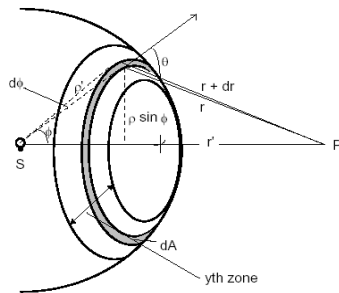
dengan  $m$  adalah jumlah cincin pada layar,  $\rho'$  merupakan jarak sumber ke celah (cm),  $r'$  adalah jarak celah ke layar (cm) dan  $R$  adalah radius celah yang digunakan (mm). Dan karena  $L = \rho' \cdot r' / (\rho' + r')$ , maka :

$$\lambda = \frac{\pi A}{L} \quad (7).$$

Sehingga,

$$m = \frac{1}{L} \cdot \frac{R^2}{\lambda} \quad (8).$$

Jika  $\frac{R^2}{\lambda}$  adalah bernilai tetap, maka  $m \sim \frac{1}{L}$



Gambar 3. Zona Fresnel ke-y [4].

## METODE PENELITIAN

### Alat dan bahan

Pada penelitian dua buah laser pointer, yaitu laser pointer hijau dan laser dioda merah sebagai sumber cahaya tampak monokromatis sekaligus sebagai bahan yang dicari panjang gelombangnya. Laser tersebut diletakkan pada statip. Kemudian sebuah lensa cekung dengan panjang fokus 5 cm diletakkan persis di depan laser, berikutnya celah lingkaran dengan jari – jari yang masing – masing adalah 1,5 mm, 1,0 mm dan 0,5 mm yang diletakkan pada statip.

Di depan celah diletakkan sebuah layar yang terbuat dari kertas kalkeer dengan dimensi kurang lebih 40 cm x 30 cm yang digunakan untuk menangkap pola difraksi yang diperoleh dan untuk dilakukan pengamatan.

### Pelaksanaan Penelitian

Untuk memperoleh pola difraksi Fresnel, kedudukan antara laser, lensa, dan layar ditempatkan pada posisi sejajar. Ditentukan pula jarak antara sumber

dengan penghalang berupa celah dengan jari – jari bervariasi.

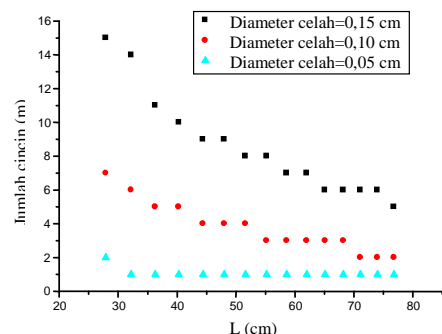
Laser hijau diletakkan sedemikian rupa sehingga sinar laser tersebut sejajar atau paralel dengan celah lingkaran yang diletakkan di depannya kemudian dengan lensa cekung diteruskan ke layar. Dilakukan perubahan jarak antara celah dengan layar dan lebar celah, sehingga frinji yang terbentuk juga berbeda beda jumlahnya. Bahan diganti dengan laser merah dan dilakukan percobaan yang sama. Kemudian cincin yang terbentuk diamati hasilnya dan dicatat.

Selanjutnya dilakukan variasi  $\rho'$  mulai dari 30 cm dan bertambah setiap 5 cm hingga mencapai jarak 100 cm demikian juga dengan  $r'$  yang dimulai dari jarak 400 cm dan terus berkurang sampai 330 cm. Pada setiap variasi  $\rho'$  dan  $r'$ , dilakukan pemvariasian jari – jari celah juga, yaitu 1,5 mm, 1,0 mm dan 0,5 mm. Kemudian diamati perubahan jumlah cincin yang terjadi pada layar dan mencatat jumlah cincin yang terbentuk. Dalam penelitian kali ini, diameter celah  $R_1 = 1,5$  mm,  $R_2 = 1,0$  mm dan  $R_3 = 0,5$  mm. Persamaan yang hendak diuji adalah persamaan (7) dan (8).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

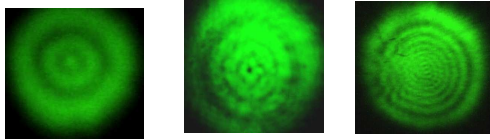
### Laser Hijau

Pada keadaan dimana jarak antara sumber dan celah ( $\rho'$ ) berubah-ubah, maka jumlah cincin ( $m$ ) yang terlihat pada layar pada saat eksperimen juga berubah.



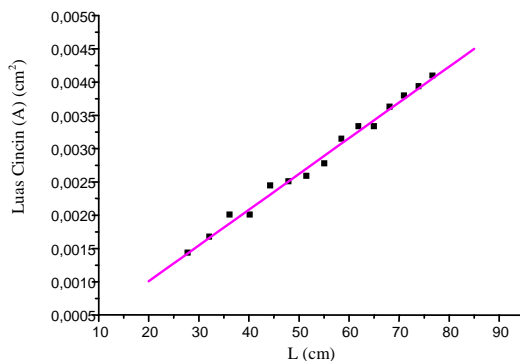
Gambar 4. Grafik Perubahan Jumlah Cincin ( $m$ ) Terhadap Jarak Sumber Ke Layar ( $L$ ).

Dari grafik dapat disimpulkan bahwa, semakin jauh  $\rho'$  semakin berkurang pula nilai  $m$ , dan semakin kecil radius celah, semakin sedikit pula cincin yang terlihat pada layar.



(a) (b) (c)  
Gambar 5. Pola Difraksi Fresnel Dengan Laser Hijau Pada Celah Lingkaran Dengan  $L$  yang semakin besar, (a) 5 cincin (b) 8 cincin (c) 15 cincin.

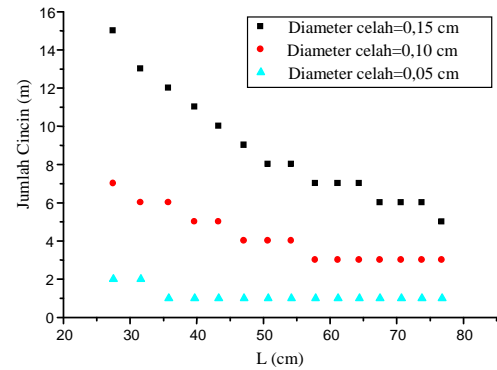
Dari pola difraksi di atas cincin dengan jumlah ganjil memiliki titik ditengah yang terang. Sedangkan cincin dengan jumlah genap, diperoleh warna cincin ditengah yang gelap. Dan dapat dihitung luas masing-masing cincin baik gelap maupun terang. Sedangkan panjang gelombang diperoleh dengan grafik perhitungan berikut dengan hasil  $\lambda = (516,8 \pm 0,4) \text{ nm}$ .



Gambar 6. Grafik Perhitungan Panjang Gelombang Laser Hijau

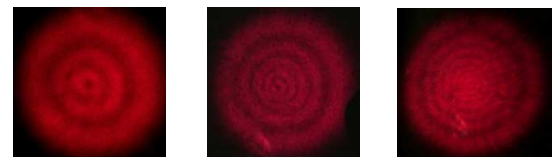
### Laser Merah

Sama halnya dengan laser hijau pada metode yang sama, bedanya adalah pada laser merah nilai  $m$  yang diperoleh relatif lebih kecil dibandingkan laser hijau. Karena jumlah cincin dipengaruhi oleh perubahan jarak sumber ke celah, maka semakin jauh  $\rho'$  semakin berkurang pula nilai  $m$ , dan semakin kecil radius celah, semakin sedikit pula cincin yang terlihat pada layar.

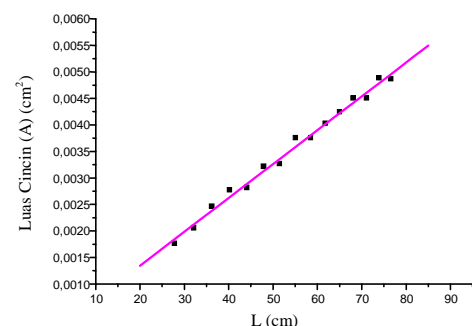


Gambar 7. Grafik Perubahan Jumlah Cincin ( $m$ ) Terhadap Jarak Sumber Ke Layar ( $L$ )

Pada gambar 8, disajikan gambar hasil difraksi Fresnel menggunakan laser dioda merah. Pada gambar (a) dan (b) jumlah cincinnya genap hal ini dapat diketahui meskipun tanpa menghitung terlebih dahulu, yaitu berdasarkan lingkaran paling tengah pada pola difraksi Fresnel. Apabila lingkaran pusat berupa titik gelap, maka cincin yang terbentuk berjumlah genap, sedangkan apabila lingkaran pusat berupa titik terang, maka cincin yang terbentuk berjumlah ganjil.



(a) (b) (c)  
Gambar 8. Pola Difraksi Fresnel Dengan Laser Hijau Pada Celah Lingkaran Dengan  $L$  Yang Semakin Besar, (a) 6 cincin (b) 10 cincin (c) 13 cincin.



Gambar 9. Grafik Perhitungan Panjang Gelombang Laser Merah

Dan berdasarkan grafik pada gambar 9 diperoleh nilai panjang gelombang pada laser merah dengan hasil  $\lambda = (649,2 \pm 0,5)$  nm.

### **KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian, pengolahan data, hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan jumlah cincin sangat dipengaruhi oleh perubahan jarak dari sumber ke celah
2. Untuk perubahan jarak sumber ke celah yang semakin besar, maka kerapatan cincin akan semakin berkurang
3. Nilai  $m$  bergantung pada panjang gelombang dan radius celah yang dilewatinya
4. Nilai panjang gelombang untuk laser hijau berdasarkan grafik perhitungan adalah  $(517,2 \pm 0,9)$  nm dan untuk laser merah adalah  $(645,3 \pm 0,8)$  nm.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Suprayitno, 1997, *Pengukuran Panjang Gelombang Dan Indek Bias Udara Menggunakan Interferometer Michelson*, Semarang : FMIPA UNDIP.
- [2] Sutini, 2003, *Difraksi Fraunhofer Sebagai Metode Alternatif Sederhana Spektrometer*, Semarang : FMIPA UNDIP.
- [3] Hecht, E., 1987, *Optics*, 2nd ed, Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Mass.
- [4] Wikipedia, *Fresnel*, <http://www.wikipedia.org/fresnel>, Februari 2007.

